

# Der Laubnutzholzborkenkäfer *Trypodendron domesticum* L. als Schädling der Rotbuche

Parini, C. und Petercord, R.

## Zusammenfassung

In der deutsch-belgisch-luxemburgischen Grenzregion wurde in den Vegetationsperioden 2001 und 2002 ein massiver Stehendbefall von augenscheinlich „vitalen“ Buchen durch den als sekundären Schädling bekannten Laubnutzholzborkenkäfer *Trypodendron domesticum* L. beobachtet. Zur Abschätzung der Gefährdungssituation wurde die Biologie und Populationsdynamik des Käfers in der Region mittels eines Fallenmonitorings in ausgewählten Beständen und Brutbildanalysen an Einzelstämmen untersucht.

Innerhalb der Bestände sind die befallenen Bäume nicht systematisch verteilt. Am Einzelstamm sind vornehmlich die nordexponierten Stammseiten in einer Höhe zwischen 20 bis 250 cm befallen. Der Befall ist in der Regel auf kleinere Stammbereiche nestartig beschränkt, ohne dass eine Vorschädigung erkennbar wäre. Erst bei vorsichtigem Abschälen der obersten Rindenschichten werden im Weichbast inselartige, hellbraune bis braunschwarze Nekrosen mit einem Durchmesser von bis zu 1 cm sichtbar. Diese Weichbastnekrosen sind in der Regel auf den Bast beschränkt und reichen nicht bis zum Kambium. Sie sind offenbar ursächlich für den Käferbefall.

Brutbildanalysen belegen, dass *Trypodendron domesticum* Buchen mit Weichbastnekrosen erfolgreich besiedeln kann, während in Brutsystemen an weißfaulen Buchen ein geringerer Bruterfolg festzustellen ist.

Die Ergebnisse des Monitorings, das in den Jahren 2002 bis 2005 mit Lockstofffallen durchgeführt wurde, geben Einblick in die Populationsdynamik und den jährlichen Flugverlauf der Art. Die Fangzahlen nahmen von 2002 zu 2003 stark ab, stiegen 2004 stark an und nahmen 2005 erneut stark ab. Der insgesamt abnehmende Trend der Retrogradation wurde durch die offensichtlich günstigen Witterungsbedingungen des Jahres 2003 unterbrochen. Der Flugverlauf war in allen Untersuchungsjahren durch drei Maxima der Schwärmaktivität gekennzeichnet. Das erste Maximum trat Mitte/Ende März auf und kennzeichnet den Flugbeginn. Das zweite, weniger stark ausgeprägte Maximum ergibt sich aus dem Wiedereinsetzen des Fluges nach einer witterungsbedingten Unterbrechung und kann als Flug der Nachzügler verstanden werden. Es trat in den Untersuchungsjahren ab Mitte April bis Anfang Mai auf. Das dritte Maximum war deutlich stärker ausgeprägt als das zweite und wurde regelmäßig Ende Mai/Anfang Juni beobachtet. Dieses dritte Maximum ist mit den bisherigen Vorstellungen zur Biologie von *Trypodendron domesticum* nicht zu erklären und könnte auf eine zweite Generation hinweisen. *Trypodendron domesticum* wäre dann wie in Südosteuropa auch in Mitteleuropa bivoltin.

**Schlüsselwörter:** Buche, *Fagus sylvatica*, *Trypodendron domesticum*, Ambrosiapilze, holzerstörende Pilze, Borkenkäferbefall, Stehendbefall, Lockstofffallen, Lineatin, Flugzeit

## The European hardwood ambrosia beetle *Trypodendron domesticum* L. as an injurious insect of the European beech

### Summary

In the border regions of Germany, Belgium and Luxembourg a massive attack of, at first sight, 'vital' standing beeches has been observed during the vegetation periods of 2001 and 2002 due to the European hardwood ambrosia beetle *Trypodendron domesticum* L., known as a secondary invader. In order to estimate the dimension of the thread, the biology and the population dynamics of the beetle have been examined in the region by carrying out a monitoring with the help of traps in selected stands and by analysing breeding behaviour on trunks.

Within the stands, the affected trees are not spread systematically. On the different trunks, the northern-exposed sides, at a height between 20 and 250 cm are mainly affected. The cluster-like infection is usually limited to small areas of the trunk without showing any preliminary signs of damage. It is only by carefully removing of the outer bark, that the roundish, light brown to brownish-black necroses with a diameter of about 1 cm appear in the inner bark. These inner bark necroses are generally limited to the phloem and do not reach up to the cambium. They are the cause for the beetle damage.

Analyses of brood galleries support the idea that *Trypodendron domesticum* can successfully colonize beech trees showing inner bark necroses, whereas a low brood success can be assessed in brooding systems on white-rotten beeches.

The results of the monitoring carried out with the help of attractant traps in the years from 2002 until 2005, gave an insight into the population dynamics and the yearly flight characteristics of the species. The number of beetles caught decreased significantly from 2002 to 2003, increased considerably in 2004 and decreased again in 2005. The overall trend of the retrogradation has been discontinued by the obviously favourable atmospheric condition in the year 2003. Through all the years of research, the flight has been characterized by three maximums of the swarming activity. The first maximum occurred mid/end of March and indicates the beginning of the flight. The second and less developed maximum results out of the reset of the flight after an interception due to unfavourable atmospheric condition and can be understood as the flight of the stragglers. It appeared during the research years from mid of April to beginning of May. The third maximum was stronger developed than the second one and has been observed regularly from end of May to beginning of June. It is impossible to explain this third maximum with the current state of knowledge on the biology of *Trypodendron domesticum*, however it could be an indication for a second generation. In this case, *Trypodendron domesticum* would be in central Europe bivoltine as in South-east Europe.

**Keywords:** European beech, *Fagus sylvatica*, *Trypodendron domesticum* bark beetle infestation, infestation of living trees, bark beetle trap, lineatin, flight period, ambrosia fungi

### Einleitung

Seit April 2001 wird in der deutsch-belgisch-luxemburgischen Grenzregion neben dem erneuten Auftreten der Buchenrindennekrose auch ein massiver Stehendbefall von augenscheinlich „vitalen“ Buchen durch den Laubnutzholzborkenkäfer *Trypodendron domesticum* L. beobachtet (EISENBARTH et al., 2001). Die befallenen Buchen sind normal be-

laubt und weisen keine erkennbaren äußeren Verletzungen auf. Ihr Kambium ist stammumfassend intakt. Innerhalb der Bestände sind die befallenen Bäume einzelbaum- bis gruppenweise verteilt.

*Trypodendron domesticum* gehört zu den holzbrütenden Borkenkäfern und gilt als Lagerholzschädling, der lagerndes Holz bis hin zu absterbenden Stämme besiedelt. Der Befall „vitaler“ Buchen ist

ein neuartiges, bisher nicht beschriebenes Phänomen, das eine Neubewertung des Gefährdungspotenzials dieser Art bedingt. Entsprechend den bisherigen Kenntnissen zur Brutraumfindung der Art (KERCK, 1971; RAMISCH, 1984) muss allerdings von einer individuellen Disposition der betroffenen Bäume ausgegangen werden. Diese Vermutung wird durch die zufällige Verteilung innerhalb der Bestände und den ausschließlichen Befall der Baumart Buche gestützt.

### **Biologie von *Trypodendron domesticum***

Die Arten der Gattung *Trypodendron* (syn. *Xyloterus*) sind als Lagerholzschädlinge seit langem bekannt. In Mitteleuropa kommen die Arten *lineatum*, *domesticum* und *signatum* vor. Bei allen dreien handelt es sich um polyphage, monogame Holzbrüter, die sich xylomycetophag ernähren.

Während der gestreifte Nadelnutzholzborkenkäfer *Trypodendron lineatum* ausschließlich Nadelhölzer befällt, sind die anderen beiden Arten auf die Laubbaumarten beschränkt. *Trypodendron domesticum* bevorzugt die Buche, *Trypodendron signatum* die Eiche, allerdings kommen beide Arten auch an Ahorn, Linde, Erle, Hainbuche, Birke und an den Obstbaumarten vor. Als Nahrungsquelle dienen den *Trypodendron*-Arten Ambrosia-Pilze, die sie in ihre charakteristischen Brutsysteme einschleppen und kultivieren (SCHWENKE, 1974).

Alle drei Arten gelten als Sekundärschädlinge, die die Bäume erst nach einer vorangegangenen Schädigung bzw. nur frisch geschlagene und absterbende Stämme befallen (SCHWENKE, 1974). Im Krankheitsverlauf der Buchenrindennekrose spielt *Trypodendron domesticum* neben *Hylecoetus dermestoides* (Bohrkäfer) und *Anisandrus dispar* (Ungleicher Holzbohrer) daher eine wichtige Rolle beim letztendlichen Absterbeprozess der erkrankten Bäume (SCHINDLER, 1960).

Untersuchungen zur Wirtsfindung der *Trypodendron*-Arten wurden von KERCK, (1972b, 1976, 1978), FRANCKE (1973), FRANKE und HEEMANN (1974), KLIMETZEK, VITÉ und KÖNIG (1981), KLIMETZEK (1984) sowie RAMISCH (1984) durchgeführt. Danach muss zwischen einer Primäranlo-

ckung, die vom Baum selbst ausgeht und einer Sekundäranlockung durch Pionierkäfer unterschieden werden. Die Primäranlockung beruht auf flüchtigen Vergärungsprodukten, deren Hauptbestandteil Ethanol ist und deren Entstehung eine Schädigung von parenchymatischen Zellen voraussetzt. Neben dem olfaktorischen Reiz durch Vergärungsprodukte spielt für die Primäranlockung auch der optische Reiz der Stammsilhouette eine Rolle, allerdings ist dieser von deutlich geringerer Bedeutung. Die Sekundäranlockung geht von den sich ansiedelnden Käfern aus. Beide Geschlechter geben nach physischer Belastung (Schwärmflug, Anlage der Brutgänge) das Ketol 3-Hydroxy-3-methylbutan-2-on ab. Dieses Pheromon wirkt als Aggregations-substanz, das der Steuerung des Befalls und damit der Nutzung qualitativ günstigen Brutraums im Sinne der Population dient.

Alle drei *Trypodendron*-Arten gelten als Fröhschwärmer. Die Flugzeit kann bei *Trypodendron domesticum* bereits Ende Februar beginnen und ist stark witterungsabhängig, so dass immer wieder Unterbrechungen auftreten. KLIMETZEK (1984) gibt eine Lufttemperatur von 10° C als Schwellentemperatur des Fluges an.

Nach der Eiablage und während der gesamten Larvalentwicklung pflegen die Elterntiere den für die Ernährung notwendigen Pilzrasen im Brutsystem und stellen damit sicher, dass die Jungtiere nicht von Pilzen überwachsen werden und das Brutsystem ausreichend belüftet ist. Ohne die intensive Brutpflege der Elterntiere ist eine erfolgreiche Entwicklung der Jungtiere nicht möglich.

Die Entwicklungsdauer von der Eiablage bis zum Jungkäfer dauert bei *Trypodendron lineatum* etwa 6 bis 8 Wochen und setzt sich zusammen aus einer 6 – 8-tägigen Eizeit, einer 3 bis 6-wöchigen Larvalentwicklung und einer 8 bis 10-tägigen Verpuppungszeit. Nach weiteren 2 bis 3 Wochen Ernährungsfraß im Brutsystem verlassen die *lineatum*-Jungkäfer dann das Brutsystem und suchen ihre Überwinterungsquartiere in der Bodenstreu (selten auch in Rindenritzen) auf. Nach Erreichen der Überwinterungsquartiere setzt eine im Wesentlichen temperaturgesteuerte Imaginaldiapause ein.

Die Imaginaldiapause, die 3 bis 4 Monate andauert, wird erst nach einer längeren Kälteperiode überwunden, deren Länge vermutlich über die Tiefsttemperatur gesteuert wird (KLIMETZEK, 1984). Der Entwicklungsverlauf ist bei *Trypodendron domesticum* vermutlich sehr ähnlich, allerdings gibt es in der Literatur sehr unterschiedliche Angaben zum Überwinterungsort. Während KERCK (1972a), SCHWERDTFEGER (1981), KLIMETZEK (1984) und andere forstliche Autoren die Brutsysteme als Überwinterungsort angeben, nennen KOCH (1979) sowie FLECHTNER, DOROW und KOPELKE (2000) die Bodenstreu als Ort der Überwinterung.

Entsprechend dem skizzierten Generationswechsel gilt *Trypodendron domesticum* in Mitteleuropa als univoltine Art. In Südosteuropa durchläuft die Art dagegen zwei Generationen pro Jahr (CSÓKA and KOVÁCS, 1999).

### **Zielsetzung**

Im Rahmen des Interreg IIIA *DeLux*-Projektes wurden Untersuchungen zur Befallssituation in den betroffenen Beständen, zur Befallsdisposition der Einzelbäume, zum Schadverlauf sowie zur Biologie und Populationsdynamik von *Trypodendron domesticum* durchgeführt. Ziel der Untersuchung war die Abschätzung der Gefährdungssituation für die Buchenwirtschaft durch *Trypodendron domesticum* als potentielltem Primärschädling.

### **Methoden**

Die Untersuchung der Befallssituation setzte bereits im Sommer 2001, im Rahmen einer Voruntersuchung im Forstamt Saarburg (bis 01.01.2004 Saar-Hochwald), mit der Ausweisung von Dauerbeobachtungsflächen in einem 50-jährigen Jungbestand (Abt. 4 Gemeindewald Zerf) und einem 125-jährigen Altbestand (Abt. 147 a<sup>1</sup>, Revier Klink) ein. In beiden Beständen wurden auf einer Fläche von 0,25 ha (Abt. 4) bzw. 1,5 ha (Abt. 147 a<sup>1</sup>) alle Bäume dauerhaft nummeriert und auf Schadsymptome hin untersucht. 2003 wurden entsprechende Dauerbeobachtungsflächen in den Abt. 130 und 128 des Forstamts Hochwald (bis 01.01.2004 Forstamt Hermeskeil) sowie im Naturwaldreservat

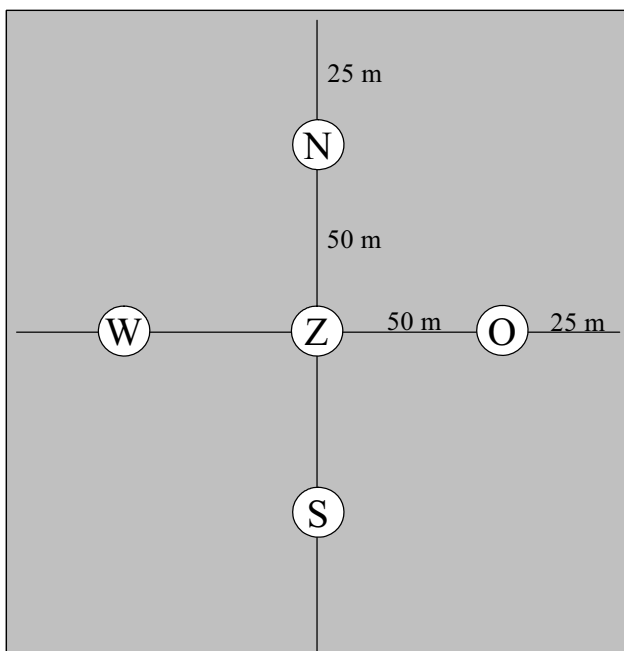
„Kampelstich“ (bis 01.01.2004 Forstamt Osburg) eingerichtet. Innerhalb der Dauerbeobachtungsflächen wurden alle Bäume eingemessen, die Befallsentwicklung und das Auftreten von Folgesymptomen (z.B. Pilzbefall) jährlich bis 2005 bonitiert. Parallel dazu dienten befallene und unbefallene Bäume aus den Dauerbeobachtungsflächen der Abt. 147 a<sup>1</sup> und Abt. 4 als Probematerial für weitere Untersuchungen im Rahmen des Projektes (DITTMAR und ELLING, 2006; FIEBELKORN et. al., 2006; GRÜNER und METZLER, 2006; HOLIGHAUS und SCHÜTZ, 2006; LANGENFELD-HEYSEY et al., 2006a; MAURER, 2006; METZLER und HECHT, 2006), so dass das Befallsgeschehen mit verschiedenen wissenschaftlichen Methoden an teilweise identischem Probematerial analysiert werden konnte.

Zur Differentialdiagnostik des Befalls wurden an 20 befallenen und fünf nicht befallenen Buchen Holzfeuchtemessungen durchgeführt. Dazu wurden Holzproben mittels eines Akkubohrers in Brusthöhe von jeder Stammseite, sowie aus Stammbereichen mit Käferbefall und in entsprechender Höhe aus unbefallenen Bereichen gewonnen. Die Holzfeuchte wurde nach 24-stündiger Trocknung bei 105° C aus der Differenz von Frischgewicht zu Trockengewicht als Darrbezugsfeuchte ermittelt. Zur statistischen Auswertung wurde der U-Test von MANN und WHITNEY verwendet.

Der Bruterfolg von *Trypodendron domesticum* in „vitalen“ Buchen wurde im Herbst 2001 durch Brutbildanalysen an sechs unterschiedlich stark befallenen Buchen überprüft. Dazu wurden die befallenen Bäume eingeschlagen und entrindet. Aus dem Bereich des Befallsschwerpunktes wurde jeweils ein 1 m langer Stammabschnitt im Labor aufgetrennt und entlang der einzelnen Brutgänge aufgeschlagen. In den einzelnen Systemen wurden die Zahl der Einischen, der begonnenen Larvengänge und der vollständig ausgebildeten Larvengänge pro cm Muttergang sowie die Zahl der lebenden Jungkäfer ermittelt. Erkennbar parasitierte oder verpilzte Käfer wurden als begonnene Larvengänge gewertet.

Der Flugverlauf und die Populationsdynamik von *Trypodendron domesticum* L. wurde in den Jahren

2002 bis 2005 in Luxemburg und Rheinland-Pfalz in einem grenzüberschreitenden Monitoringsystem in ausgewählten Beständen mittels Lockstofffallen beobachtet. Bei den Lockstofffallen handelte es sich um die von Prof. Dr. Jean-Claude Grégoire von der *Université Libre de Bruxelles* (ULB) entwickelten „Flaschenfallen“. Die Falle besteht im Wesentlichen aus einer transparenten PVC-Platte (25 x 12 cm), die in einem Sammeltrichter mündet. Als Lockstoffe dienten ein Ethanol/Äther-Gemisch sowie das Pheromon Lineatin© (Pherotech). Der gesamte Fangapparat wurde auf Augenhöhe an einem Holzkreuz fixiert. In jedem Bestand wurde eine Aufnahmeeinheit bestehend aus fünf Flaschenfallen installiert. Die Aufstellung der Fallen erfolgte in Form eines an den Haupthimmelsrichtungen orientierten Kreuzes mit einer Kantenlänge von 100 m und einem Mindestabstand von 25 m zum Bestandesrand (s. Abb. 1). Die Fallen an den Schenkelnenden waren jeweils in die entsprechende Himmels-



**Abb. 1: Schematische Darstellung der Verteilung der fünf Lockstofffallen innerhalb der Untersuchungsflächen in Form eines an den Haupthimmelsrichtungen (N, O, S, W) ausgerichteten Kreuzes mit einer Kantenlänge von 100 m und einer Falle im Zentrum des Kreuzes (Z).**

Fig. 1: Schematic representation of the distribution of the five pheromone traps within the investigation areas in form of a cross with an edge length of 100 m aligned at the main directions (N, O, S, W) and with one trap in the center of the cross (Z).

richtung ausgerichtet, die Falle im Zentrum des Kreuzes immer nach Osten.

Im Rahmen einer Voruntersuchung wurden 2002 Aufnahmeeinheiten in 15 luxemburgischen und 12 rheinland-pfälzischen Buchenbeständen eingerichtet. Entsprechend den Projektvorgaben mussten ab 2003 in Rheinland-Pfalz 6 Aufnahmeeinheiten aufgegeben werden. Innerhalb des Projektgebietes wurde die Zahl der Aufnahmeeinheiten ab 2003 in Luxemburg auf 17 und in Rheinland-Pfalz auf 15 erweitert (Abb. 2). Bei den Buchenbeständen handelte es sich um Bestände verschiedener Altersklassen, Mischungsanteilen, Pflegezustand und Schadensituationen.

Die Fangperiode begann jährlich am 15. Februar und endete jeweils am 20. Juni. Die Kontrolle und Leerung der Lockstofffallen erfolgte in Abständen von 14 Tagen.

Darüber hinaus wurden in einzelnen Beständen zusätzlich Stammeklektoren, Bodeneklektoren und



**Abb. 2: Geografische Lage der Aufnahmeeinheiten im Projektgebiet. Nördlich bzw. nordwestlich der Linie sowie umkreist sind Regionen mit starkem Auftreten der Buchenrindenrekrose.**

Fig. 2: Geographical situation of the investigation areas in the project area. North and/or northwest the line as well as circled are regions with strong occurrence of the beech bark disease.

Fensterfallen aufgestellt, um zusätzliche Informationen zur Biologie von *Trypodendron domesticum* zu erhalten.

### Ergebnisse

Innerhalb der Bestände sind die befallenen Bäume einzelstamm- bis paarweise verteilt, eine Regelmäßigkeit ist nicht zu erkennen. Betroffen sind Bäume aller BHD-Stufen und Sozialen Stellungen. In Jungbeständen sind allerdings Bäume mit höheren Durchmessern überproportional häufig befallen.

Am Einzelbaum findet sich der Befall mehrheitlich an den nordexponierten Stammseiten im Bereich des Stammfußes. Auf der Untersuchungsfläche Abt. 147 a<sup>1</sup> war der Käferbefall an über 2/3 der befallenen Buchen auf die Nordost bis Nordwestseite der Bäume beschränkt (s. Abb. 3). Der Käferbefall wurde in Stammhöhen zwischen 20 bis 250 cm mit einem deutlichen Befallsschwerpunkt zwischen 40 und 130 cm beobachtet (s. Abb. 4). Entsprechende Beobachtungen wurden an deutlich niedrigeren Stammzahlen auch auf den übrigen Untersuchungsflächen gemacht.

Häufig war die Rinde im Bereich des Käferbefalls rauh borkig, allerdings fanden sich an befallenen und nicht befallenen Buchen großflächige rauh borkige Rindenpartien ohne Käferbefall, sowie Käferbefall bei glatten Rindenstrukturen (insb. in Jungbeständen).

Im Vergleich der Rindenmerkmale befallener und nicht befallener Buchen fanden sich pathologische Veränderungen in Form kleinflächiger, inselartig verteilter Nekrosen unterschiedlicher Tiefenausdehnung (s. Abb. 5). Diese kreisrunden bis leicht elliptischen, hellbraunen bis tiefschwarzen Nekrosen mit einem Durchmesser von 0,4 bis 1,5 cm reichten teilweise bis in den Leitbast hinein und wurden daher als Weichbastnekrosen bezeichnet. Während an den nicht befallenen Buchen diese Nekrosen nicht oder nur in sehr geringer Stückzahl (< 10 Stück/ m<sup>2</sup> Rindenoberfläche) auftraten, fanden sie sich an den befallenen Buchen insbesondere im Bereich des Käferbefalls in hoher Stückzahl (> 250 Stück / m<sup>2</sup> Rindenoberfläche). Teilweise befanden sich direkt im Zentrum solcher Weichbastnekrosen die Einbohrlöcher der Käfer.

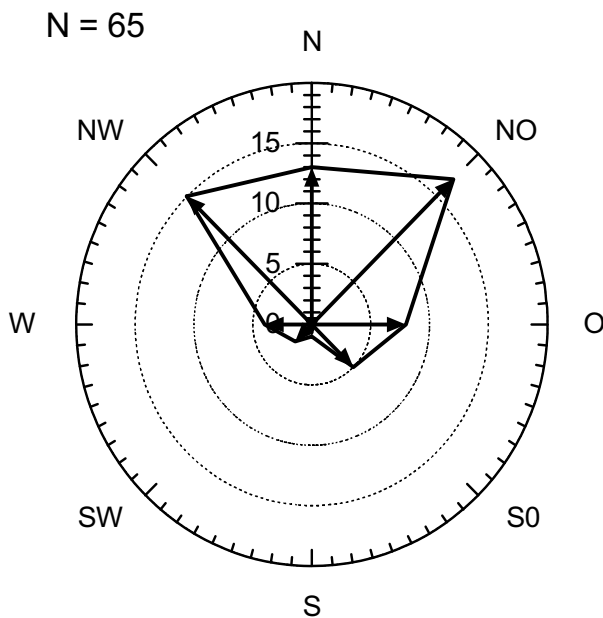


Abb. 3: Exposition des Befalls durch *Trypodendron domesticum* L. an Buchenstämmen, Neubefall (2001-2005) in der Abt. 147a<sup>1</sup>; Rev. Klink; FA Saarburg, N = 65.

Fig. 3: Exposition of the infestation by *Trypodendron domesticum* L. at beech trunks, new infestation (2001 - 2005) in the compartment 147a<sup>1</sup>; forest district Klink; forestry department Saarburg, N = 65.

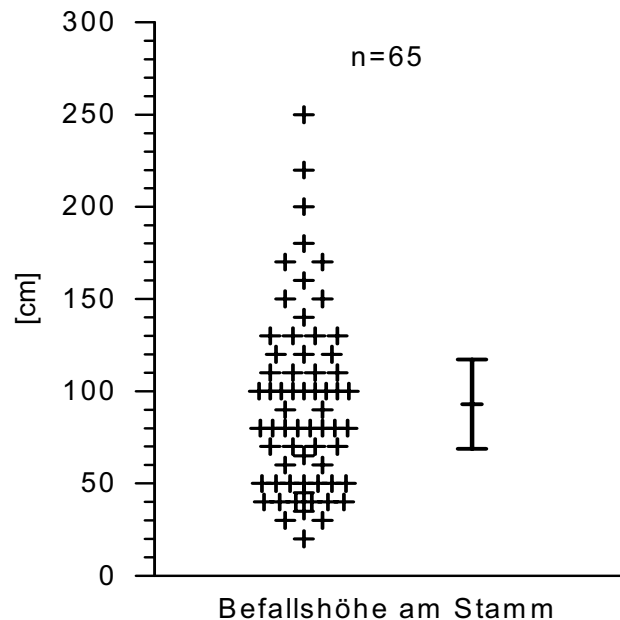


Abb. 4: Höhe des Befalls durch *Trypodendron domesticum* L. an Buchenstämmen, Neubefall (2001-2005) in der Abt. 147a<sup>1</sup>; Rev. Klink; FA Saarburg, N = 65.

Fig. 4: Height of the infestation by *Trypodendron domesticum* L. at beech trunks, new infestation (2001 - 2005) in the compartment 147a<sup>1</sup>; forest district Klink; forestry department Saarburg, N = 65.

Der Vergleich der Holzfeuchte befallener und nicht befallener Buchen in Brusthöhe (1,30 m) erbrachte keine signifikanten Unterschiede. Allerdings wiesen befallene Stammportien hoch signifikant niedrigere Holzfeuchtwerte auf als befallsfreie Stammportien in selber Stammhöhe an befallenen Stämmen (s. Abb. 6). Im Mittel betrug der Unterschied 10 %.

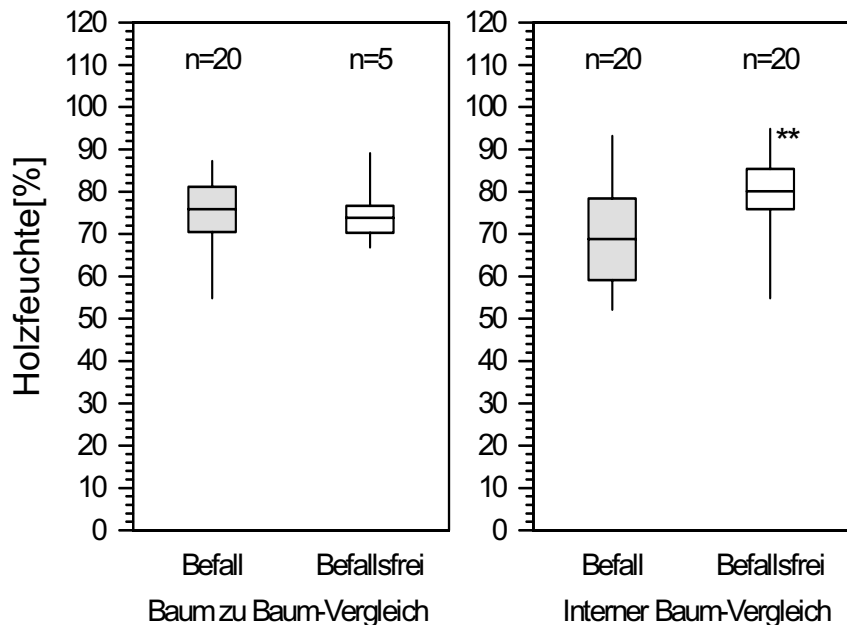
Brutbildanalysen an 6 befallenen Stämmen und Fänge mit Stammeklektoren, die im Herbst 2001 bzw. im Frühjahr 2002 durchgeführt wurden, belegen, dass *Trypodendron domesticum* erfolgreich in den vitalen Buchen brüten kann. Bei den äußerlich erkennbaren Einbohrlöchern handelt es sich also nicht um Brutversuche, sondern um erfolgreiche Bruten. Der Bruterfolg ist jedoch von Baum zu Baum individuell sehr unterschiedlich, wie die Ergebnisse der Brutbildanalyse verdeutlichen (s. Tab. 1).

Die Natalität, berechnet als Summe der Einischen und Larvengänge je cm Muttergang, schwankt zwischen 1,9 und 5,4. Die Mortalität, definiert als Verhältnis von Natalität zur Anzahl der vollständigen Larvengänge, in denen sich lebende Jungkäfer befanden bzw. deren Ausprägung auf eine erfolgreich abgeschlossene Larvalentwicklung schließen ließ, differiert ebenfalls sehr deutlich und beträgt 38 bis 94,7 %. Innerhalb der Brutsysteme fanden sich auch verlassene, vollständig ausgebildete Larvengänge, die auf ein Migrationsverhalten der Jungkäfer und eine Überwinterung außerhalb der Brutsysteme schließen lassen. An zwei Bäumen war deren Anteil mit 76 bzw. 37 % auffällig hoch, bei den übrigen Buchen betrug ihr Anteil dagegen nur zwischen 0,5 und 10,4 %.

Dass ein Teil der Jungkäfer außerhalb der Brutsysteme überwintert, konnte durch Bodeneklektoren, die im Frühjahr



**Abb. 5: Weichbastnekrosen in der Rinde einer durch *Trypodendron domesticum* befallenen Buche.**  
 Fig. 5: Inner bark necroses in the bark of a beech infested by *Trypodendron domesticum*.



**Abb. 6: Holzfeuchte befallener und befallsfreier Bäume in Brusthöhe (1,30 m) sowie befallener und befallsfreier Stammportien befallener Bäume (Statistischer Unterschied mit \*\* hoch signifikant).**

Fig. 6: Wood moisture of trees in breast height (1.30 m) as well as infested and non infested stem portions of infested trees (statistic difference with \*\* highly significantly).

**Tab. 1: Ergebnisse der Brutbildanalysen an befallenen, vital erscheinenden Buchen (2001, N = 6).**

Tab. 1: Results of the breeding system analyses at infested, healthy appearing beeches (2001, N = 6).

Baumnummer	1	2	3	4	5	6
Natalität [Anzahl Einischen + Larvengänge/ cm]	4,1	5,4	1,9	4,7	5	3,4
Vollständige Larvengänge [Anzahl / cm]	2,2	1,8	0,1	1	3,1	1,7
Jungkäfer innerhalb der Brutsysteme [%]	63	89,6	24	96,7	99,5	95,6
Mortalität [%]	46,3	66,6	94,7	78,7	38	50

2002 in unmittelbarer Nähe befallener Buchen aufgestellt wurden, belegt werden (Abb. 7).

Die Folgen des Käferbefalls werden am Beispiel der Untersuchungsfläche Abt. 147 a<sup>1</sup> dargestellt (s. Abb. 8), da diese Fläche, neben der in Abt. 4, am längsten beobachtet wurde und den größten Anteil an befallenen Buchen aufwies. Die Entwicklung der befallenen Buchen auf den anderen Untersuchungsflächen verlief analog.

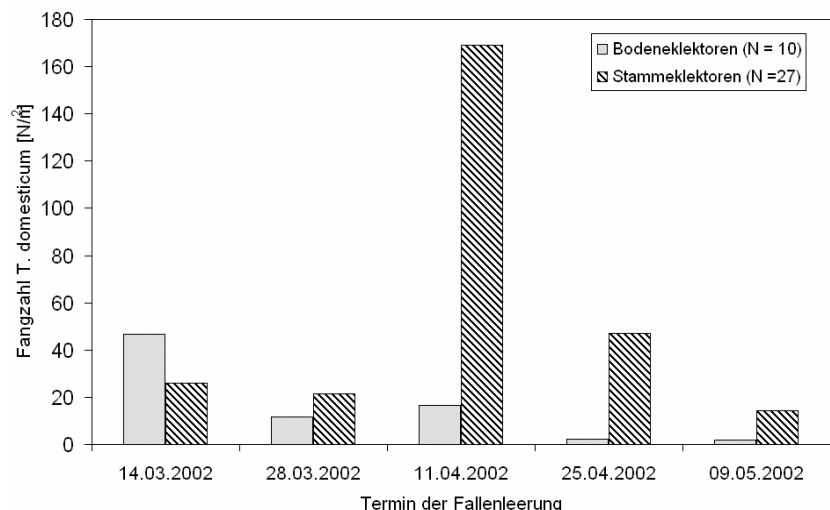
Im Beobachtungszeitraum von 2001 bis 2005 wurde auf der Untersuchungsfläche Abt. 147 a<sup>1</sup> an 65 vital erscheinenden Buchen ein Befall durch *Trypodendron domesticum* beobachtet. An weiteren 8 Bäumen trat ein gleichzeitiger Befall von *Trypodendron domesticum* und holzzerstörenden Pilzen auf, was auf eine Erkrankung der Buchen durch die Buchenrindennekrose hindeutet (s. a. PETERCORD, 2006a).

2001 war der Neubefall durch *Trypodendron domesticum* am höchsten, insgesamt 38 Buchen wiesen einen entsprechenden Befall auf. 2002 wurde an 24 Buchen ein Neubefall (Käfer (neu)) beobachtet, während an 23 Buchen, die bereits 2001 befallen gewesen waren, ein Wiederholungsbefall (Käfer (alt)) festgestellt wurde. An drei weiteren Buchen, aus dem Kollektiv der 2001 befallenen Buchen, zeigten sich 2002 neben einem Wiederholungsbefall auch Fruchtkörper holzzerstörender Pilze (Käfer & Pilze). An den zwei Buchen, die bereits 2001 einen kombinierten Befall von *Trypodendron domesticum* und Pilzen aufgewiesen hatten, trat 2002 kein

Wiederholungsbefall auf und nur die mehrjährigen Pilzfruchtkörper waren erkennbar.

In den Folgejahren setzte sich diese Entwicklung fort. Die Zahl der durch *Trypodendron domesticum* neubefallenen Buchen und die Zahl der Buchen mit Wiederholungsbefall nahm ab, während die Zahl der Buchen mit kombiniertem Käfer- & Pilzbefall sowie ausschließlichem Pilzbefall bis 2004 deutlich anstieg. Ab 2003 wurden weitere holzbesiedelnde Insektenarten (insb. *Hylecoetus dermestoides*) als Sekundärbesiedler an einzelnen Buchen sowie das Absterben von Buchen beobachtet. Die Anteile beider Kollektive stiegen bis 2005 deutlich an.

Von den insgesamt 65 Buchen an denen im Beobachtungszeitraum ein Befall von *Trypodendron domesticum* festgestellt wurde, wiesen 20 zum Ende des Beobachtungszeitraums keine Folgesymptome auf. Häufig waren die Einbohrlöcher vollständig überwallt und der Befall nicht mehr zu erkennen.

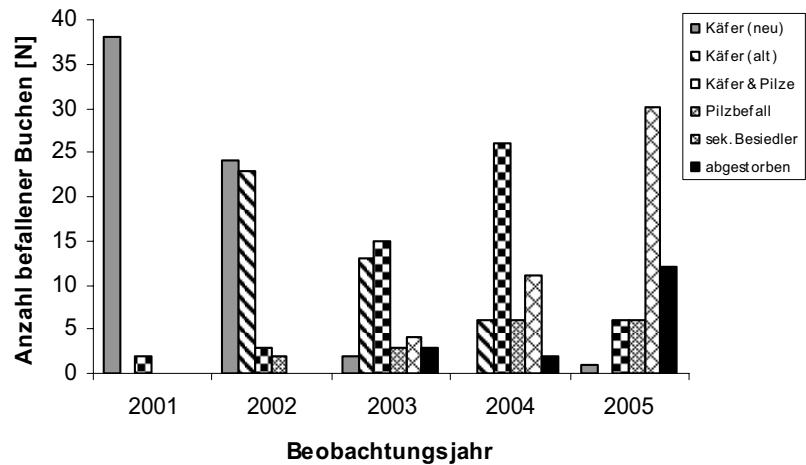


**Abb. 7: Durchschnittliche Fangzahl je Falle von *Trypodendron domesticum* L. pro m<sup>2</sup> Bodenoberfläche (Bodeneklektoren (N=10)) bzw. Rindenoberfläche (Stammelektoren (N=27)) im Frühjahr 2002.**

Fig. 7: Average trapping result for each trap of *Trypodendron domesticum* L. per m<sup>2</sup> soil surface (soil eklektoren (N=10)) and/or bark surface (stem eklektoren (N=27)) in the spring of 2002.



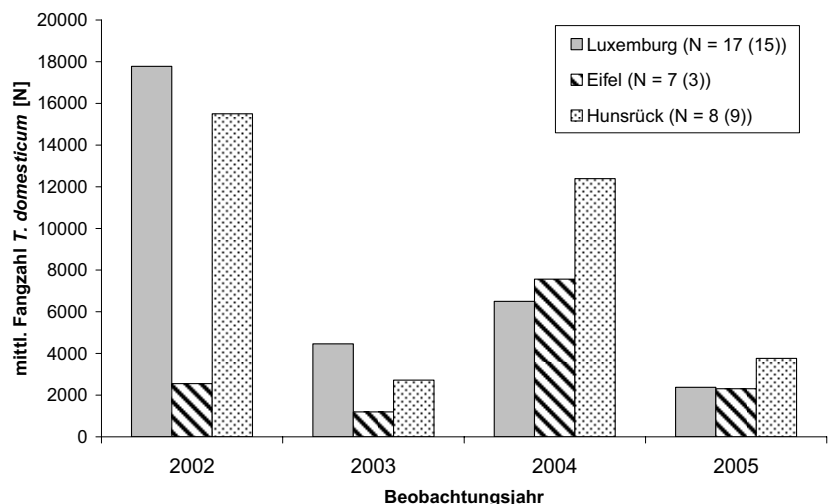
Das Monitoring des Käferflugs, das in den Untersuchungsjahren 2002 bis 2005 in 27 (2002) bzw. 32 (2003 bis 2005) Buchenbeständen durchgeführt wurde, lieferte für die drei Regionen des Projektgebietes Luxemburg, Eifel und westlicher Hunsrück, bei deutlich unterschiedlichen Fangzahlen je Region, einen einheitlichen Trend in der Populationsdynamik (s. Abb. 9). Im Vergleich der Untersuchungsjahre ist von 2002 zu 2003 eine deutliche Abnahme und von 2003 zu 2004 wiederum eine sehr deutliche Zunahme der Fangzahlen festzustellen. Von 2004 zu 2005 nahmen die Fangzahlen dann wiederum deutlich ab. 2002 wurden im westlichen Hunsrück und in Luxemburg mit im Durchschnitt 15.503 und 17.780 Käfern je Fallenstandort nahezu identische Fangzahlen erreicht. Dagegen betrug die durchschnittliche Fangzahl in der Eifel nur 2.552 Käfer. 2003 war die Fangzahl in der Eifel wiederum am Geringsten, allerdings wurden auch in Luxemburg und im westlichen Hunsrück deutlich weniger Käfer gefangen. 2004 bestätigte sich dieser abnehmende Trend nicht, vielmehr stiegen die Fangzahlen nach dem Sommer 2003 wieder deutlich an und erreichten im Hunsrück nahezu das Niveau des Jahres 2002 bzw. überstiegen dieses in der Eifel um das Dreifache. In Luxemburg konnte ebenfalls ein Anstieg beobachtet werden, dieser war allerdings weniger stark ausgeprägt als in den beiden anderen Regionen. Im Unterschied zum Fangergebnis 2002 bei dem innerhalb der Regionen sehr unterschiedliche Fangergebnisse je Aufnahmeeinheit erzielt wurden, waren 2004 die Unterschiede zwischen



**Abb. 8: Schadentwicklung von Käfer- und Pilzbefall an Buchen am Beispiel der Abteilung 147a<sup>1</sup> (Rev. Klink; FA Saarburg), N<sub>(2001-2005)</sub> = 73.**

Fig. 8: Development of damages by beetle and fungal attack at beeches by the example of the compartment 147a<sup>1</sup> (forest district Klink; forestry department Saarburg), N<sub>(2001-2005)</sub>=73.

den Aufnahmeeinheiten geringer, das Fangergebnis innerhalb der einzelnen Region also deutlich homogener. 2005 nahmen die Fangzahlen in allen drei Regionen wiederum sehr deutlich ab.



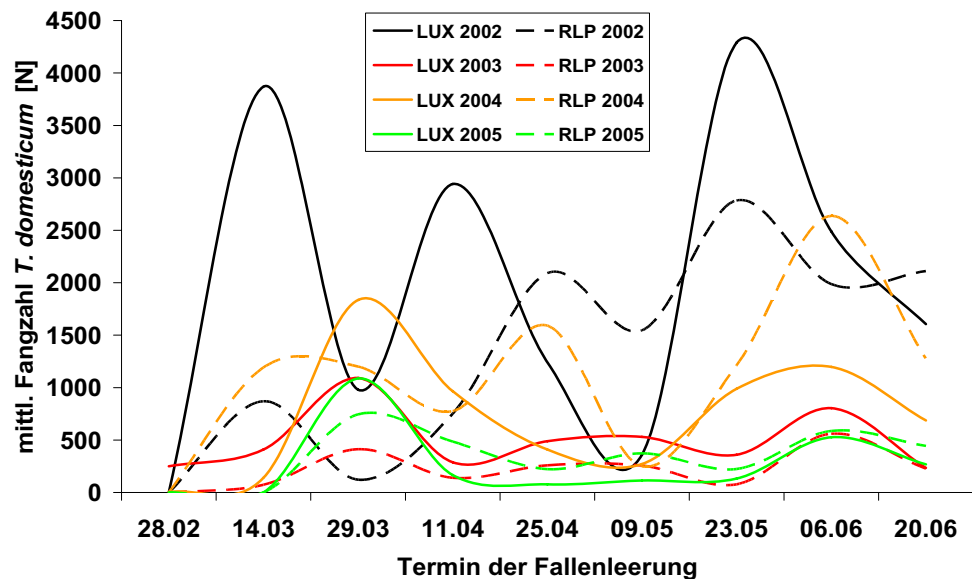
**Abb. 9: Durchschnittliche Fangzahl von *Trypodendron domesticum* L. an den Fallenstandorten in Luxemburg, im Hunsrück und in der Eifel in den Beobachtungsjahren 2002 bis 2005. (Die Fangergebnisse 2002 sind nur bedingt vergleichbar, da im Hunsrück und in der Eifel Fallenstandorte aufgegeben bzw. neu eingerichtet wurden. Eingeklammerte Zahlen in der Legende geben die Anzahl der Fallenstandorte 2002 an.)**

Fig. 9: Average trapping result of *Trypodendron domesticum* L. at the trap locations in Luxembourg, in the Hunsrück and in the Eifel in the observation years 2002 to 2005. (The trapping results 2002 are only conditionally comparable, since in the Hunsrück and in the Eifel trap locations were given up and/or again arranged. In the legend the parentheses numbers indicate the numbers of trap locations in 2002.)

Der Flug von *Trypodendron domesticum* beginnt bei einer Lufttemperatur von 9,5° C witterungsabhängig im zeitigen Frühjahr und erstreckt sich bis in den Juli hinein (Abb. 10). 2004 wurde bereits in der ersten Februarwoche Käferflug beobachtet, der allerdings durch einen erneuten Wintereinbruch bis Mitte März unterbrochen wurde. In allen Untersuchungsjahren konnte ein dreigipfeli-ger Flugverlauf mit maximalen Fangzahlen Mitte/Ende März, Mitte April/Anfang Mai und Ende Mai/Anfang Juni beobachtet werden. Im Gegensatz zu den ersten beiden Maxima, die den Flugbeginn und die Fortsetzung desselben nach ungünstigen Witterungsbedingungen markieren, kann das dritte Maximum (Frühsommermaximum) nicht mit dem Witterungsverlauf

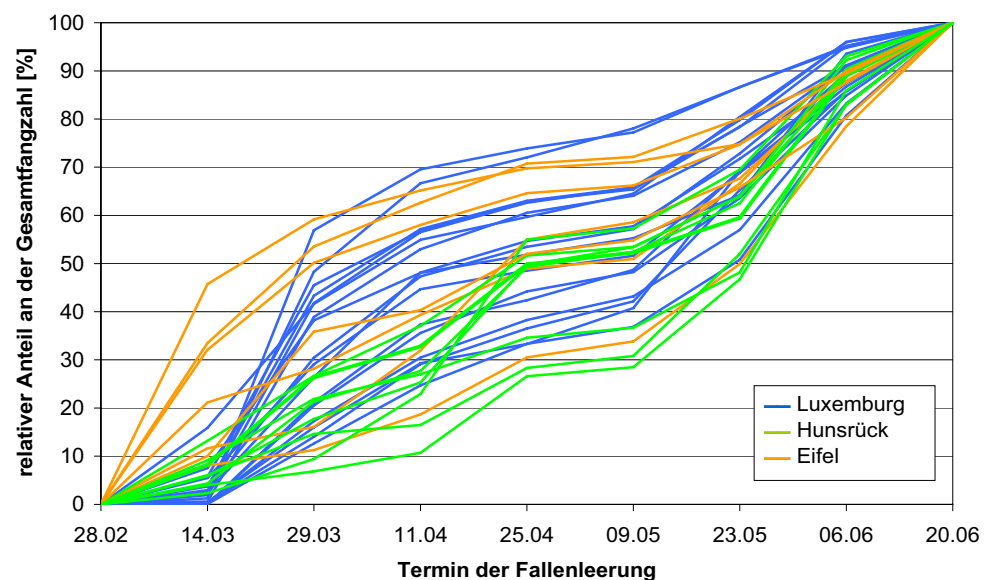
erklärt werden. Während das erste und das dritte Maximum zeitlich korrelieren, tritt das zweite Maximum unregelmäßig auf bzw. entfiel 2004 und 2005 in Luxemburg ganz. Unabhängig von der Region und dem Untersuchungsjahr beträgt der zeitliche Abstand zwischen dem ersten und dem dritten Maximum ca. 10 Wochen.

Der dreigipfelige Flugverlauf wurde an allen Auf-



**Abb. 10: Verlauf des Käferflugs von *Trypodendron domesticum* L. in Luxemburg und Rheinland-Pfalz (2002-2005).**

**Fig. 10: Process of the beetle flight of *Trypodendron domesticum* L. in Luxembourg and Rhineland-Palatinate (2002-2005).**



**Abb. 11: Flugverlauf (2004) an den Fallenstandorten in Luxemburg und Rheinland-Pfalz, dargestellt als Summenkurven des relativen Anteils an der Gesamtfangzahl je Fallenstandort.**

**Fig. 11: Process of the beetle flight (2004) at the trap locations in Luxembourg and Rhineland-Palatinate, represented as sum curves of the relative portion of the trapping result for each trap location.**

nahmeeinheiten beobachtet, allerdings mit unterschiedlicher Ausprägung der Maxima. Während an einigen Aufnahmeeinheiten der Anteil der Frühschwärmer (50 % der Käfer sind bis Ende März geflogen) und auf anderen, der Anteil der Spätschwärmer (50 % der Käfer fliegen erst ab Ende Mai) überwiegt, sind in einer dritten Gruppe die Anteile beider Schwärmtypen ähnlich hoch. Abbil-

dung 11 verdeutlicht diesen Zusammenhang anhand der Fangdaten 2004, dargestellt als Summenkurven des relativen Anteils am Gesamtfang je Aufnahmeeinheit. Während in Luxemburg und der Eifel sowohl Aufnahmeeinheiten mit einem hohen, als auch Standorte mit einem niedrigen Frühschwärmeranteil auftraten, überwiegt im Hunsrück der Anteil der Spätschwärmer.

## Diskussion

*Trypodendron domesticum* L. ist in Mitteleuropa als Lagerholzschädling seit langem bekannt und auch der Befall von geschwächtem und absterbenden Bäumen insbesondere im Zusammenhang mit der Buchenrindennekrose wurde häufig beschrieben (SCHINDLER, 1951; SCHWERDTFEGER, 1981). Der Befall scheinbar vitaler Bäume ist dagegen ein neues Phänomen. In jüngerer Zeit wird es aber, insbesondere im Zusammenhang mit der Verschleppung von Arten und in Verbindung mit neuartigen Krankheiten, bei verschiedenen holzbrütenden Borken- (*Scolytidae*) und Kernkäfern (*Platypodidae*) beobachtet (KÜHN-HOLZ et al., 2001; KUBONO und ITO, 2002).

Insbesondere Arten der Gattung *Trypodendron* sind in zunehmender Weise an neuartigem Stehendbefall beteiligt. So wurde neben dem Stehendbefall der Buche durch *Trypodendron domesticum* L. in Europa, auch der Befall von *Betula papyrifera* und *Alnus rubra* durch diese Art in Kanada beobachtet. Darüberhinaus fand sich in Kanada Stehendbefall durch *Trypodendron betulae* SWAINE an *Betula papyrifera* und durch *Trypodendron retusum* LECONTE an *Populus tremuloides* (KÜHNHOLZ et al., 2001).

Die Strategie der Brutraumfindung von *Trypodendron domesticum* setzt eine Vorschädigung und daraus resultierend die Abgabe von Duftstoffen voraus, die der olfaktorischen Wirtsfindung dienen (KERCK, 1971; HOLIGHAUS und SCHÜTZ, 2006). Gleichzeitig muss die Holzfeuchte dem Nährpilz ein optimales Wachstum ermöglichen, um den Bruterfolg des Käfers zu sichern. Beide Voraussetzungen schließen den Befall vitaler Bäume an sich aus.

Im Vergleich befallener und nicht befallener Bäume wurden in der Rinde der befallenen Bäume Weichbastnekrosen in einer größeren Anzahl festgestellt als in nicht befallenen Buchen. Diese Weichbastnekrosen können als mitbefallsauslösende Faktoren gewertet werden und gehen möglicherweise auf Saugschäden durch die Buchenwollschildlaus (*Cryptococcus fagisuga* LIND.) zurück (LANGENFELD-HEYSER et al., 2006). Diese Saugschäden wurden von BRAUN (1976) als Auslöser der Buchenrindennekrose beschrieben. Der beobachtete Käferbefall steht damit im Zusammenhang mit dieser Erkrankung. Allerdings nicht im bereits bekannten Kontext (BRAUN, 1976, 1977), sondern in einem viel früheren Stadium der Erkrankung, in dem ein erfolgreicher Käferbefall an sich nicht möglich sein sollte. Der Befall durch *Trypodendron domesticum* stellt somit möglicherweise eine neue Form der Folgeschädigung nach massivem Buchenwollschildlausbefall dar.

Obwohl zwischen befallenen und nicht befallenen Buchen keine Unterschiede in der Holzfeuchte festgestellt wurden, konnten in befallenen Stammportionen niedrigere Holzfeuchtwerte ermittelt werden als in nicht befallenen Stammteilen derselben Stämme. Inwieweit dieser Effekt ursächlich für den Befall oder sekundär durch die Besiedlung der Käfer entstanden ist, konnte nicht geklärt werden. In jedem Fall konnte *Trypodendron domesticum* L. die Stämme erfolgreich als Brutraum nutzen, wenn auch mit unterschiedlichem Erfolg.

Die Bedeutung des Merkmals Holzfeuchte konnte im Rahmen des Projektes in einem Einschlagsterminversuch an Lagerholz aufgezeigt werden, nur in einem Holzfeuchtebereich von 60 bis 85 % wurden Brutsysteme angelegt (PETERCORD, 2006b). Die Fragestellungen inwieweit *Trypodendron domesticum* bei Massenbefall in der Lage ist die Holzfeuchte zu beeinflussen und damit vitale Bäume als Brutraum für einen Bruterfolg zu konditionieren sowie welche weiteren wirtseigenen Faktoren den Bruterfolg bestimmen, sollte entsprechend ihrer hohen Bedeutung für den Waldschutz im Rahmen eines neuen Projekts untersucht werden.

Die mehrjährige Untersuchung der befallenen Bu-

chen auf den fünf Dauerbeobachtungsflächen zeigt, dass ein Teil der Buchen den Käferbefall ausheilen kann und deckt sich mit den Ergebnissen von METZLER und HECHT (2006) zur Pilzsukzession im Bereich der Bohrgänge. Allerdings gibt es keine zerstörungsfreie Methode zur Beurteilung des Befallsgeschehens bzw. der Befallstiefe und damit kein praxistaugliches Verfahren zur Einschätzung des weiteren Schadverlaufs. Inwieweit der im Nachgang an der Mehrheit der befallenen Buchen beobachtete Pilzbefall durch den Käferbefall begünstigt oder initiiert wurde, ist unbekannt. Diese Frage bedarf einer weitergehenden wissenschaftlichen Bearbeitung.

Die Fangergebnisse des Käfermonitorings belegen, dass *Trypodendron domesticum* L. ebenso wie rindenbrütende Borkenkäfer zu einem ausgeprägten Massenwechsel befähigt ist. In allen drei Regionen des Untersuchungsgebietes ist die Art innerhalb eines Jahres aus der Retrogradation in eine erneute Progradation übergegangen. Die erfolgreiche Besiedlung augenscheinlich vitaler Buchen könnte in Zusammenhang mit einer Massenvermehrung der Art vor 2002 stehen. Diese Vermutung kann allerdings nur bei Fortsetzung des Monitorings zur Populationsdynamik der Art und des Befallsgeschehens über einen mehrjährigen Zeitraum überprüft werden. In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, dass auch die extrem unterschiedlichen Fangergebnisse der Aufnahmeeinheiten innerhalb der Regionen nicht abschließend geklärt werden konnten.

Die einheimischen *Trypodendron*-Arten gelten in Mitteleuropa als univoltin. Diese Einschätzung geht im Wesentlichen auf die Arbeiten von HADORN (1933) und SCHWERDTFEGER (1963) zurück, die zeigten, dass bei *Trypodendron lineatum* eine 2. Generation durch Folgebruten und den verzögerten Flug weniger vitaler Käfer vorgetäuscht sein kann und daher das Auftreten einer 2. Generation ausgeschlossen. Diese Einschätzung wurde auf die beiden anderen Nutzholzborkenkäfer übertragen.

Der 2002 bis 2005 im Projektgebiet beobachtete Flugverlauf von *Trypodendron domesticum* L., der jeweils ein unerwartet hohes Frühsommermaximum

Ende Mai/Anfang Juni aufwies, kann mit dieser vorherrschenden Lehrmeinung nur schwer in Einklang gebracht werden. Der an einzelnen Fallenstandorten beobachtete Anteil von über 50 % Spätschwärmern am Gesamtfang ist mit der Anlage von Folgebruten und/oder dem Schwärmen von Nachzüglern nicht hinreichend zu erklären.

POPO und THALENHORST (1974), die 1968 und 1969 in Südniedersachsen den Flugverlauf von *Trypodendron lineatum* OLIV. über Lockstofffallen überwachten, fanden in beiden Jahren ebenfalls unerwartet hohe Fangzahlen Ende Mai bzw. Mitte Juni. Die Intensität dieser Fänge lag bei ca. 30 % am Gesamtfang und wurde von ihnen als Zuflug ortsfremder Schwärme gedeutet. Auch dieser Erklärungsversuch ist für den beobachteten Flug von *Trypodendron domesticum* L. als unwahrscheinlich abzulehnen, da ein Zuflug dieser Größenordnung eine Populationsgröße voraussetzen würde, die in der Region nicht beobachtet wurde.

Vielmehr kommen für das Frühsommermaximum nur zwei Erklärungsansätze in Betracht: das Auftreten einer zweiten Generation oder das Vorkommen unterschiedlicher Schwärmtypen (Früh- und Spätschwärmer) innerhalb der Population. Das die Möglichkeit des Auftretens einer zweiten Generation überhaupt besteht, belegen die Untersuchungen von EICHHORN und GRAF (1974), die durch Brutbildanalysen zeigen konnten, dass *Trypodendron domesticum* L. 1968 im Soonwald (Hunsrück) eine zweite Generation begründet hat. Ein entsprechender Nachweis konnte in der vorliegenden Untersuchung aus personellen und finanziellen Gründen nicht erbracht werden. Allerdings spricht der über den Untersuchungszeitraum konstante zeitliche Abstand von ca. 10 Wochen zwischen dem ersten und dem dritten Maximum für diese Hypothese.

Zudem zeigten vereinzelte Gewichtsmessungen, dass es sich bei den spätschwärmenden Individuen nicht um Tiere geringerer Vitalität handelt. Das Gewicht von 1.000 Weibchen aus dieser Flugphase war, in drei Beobachtungsjahren (2003 bis 2005; in 2002 wurde keine Gewichtsbestimmung durchgeführt), jeweils höher als das Gewicht von 1.000 Weibchen aus dem mittleren Flugmaximum (Ende

April/Anfang Mai). Diese Ergebnisse müssen allerdings als Beobachtungen gewertet werden, fehlt ihnen doch der notwendige Stichprobenumfang zur Absicherung.

Erste Versuche das Vorkommen von Früh- und Spätschwärmern innerhalb der Elterngeneration genetisch zu belegen bzw. genetische Unterschiede zwischen Früh- und Spätschwärmern zu finden, die auf eine Zugehörigkeit zu unterschiedlichen Generationen schließen lassen könnten, scheiterten aus methodischen Gründen. Die genetische Untersuchung von *Trypodendron domesticum* zur Klärung der umstrittenen Generationsfrage ist dringend erforderlich und sollte in einem entsprechenden Forschungsprojekt zeitnah bearbeitet werden.

Letztlich könnte der erfolgreiche Stehendbefall ausschließlich auf den Anteil der spätschwärmenden Individuen zurückzuführen sein. Mit voranschreitendem Blattaustrieb nimmt der Wassergehalt in stehenden Buchen zum Sommer hin deutlich ab (BOSSHARD, 1974). Die Spätschwärmer treffen zwar auf die selben vorgeschädigten Bäume wie die Frühschwärmer, können diese aber, im Gegensatz zu diesen, aufgrund des geringen Wassergehaltes Ende Mai erfolgreich besiedeln.

In Südosteuropa gilt *Trypodendron domesticum* als bivoltin (CSÓKA und KOVÁCS, 1999). Bei entsprechenden Klimabedingungen kann die Art also durchaus zwei Generationen pro Jahr durchlaufen. Das Auftreten spätschwärmender Individuen ist unabhängig von der offenen Generationsfrage ein Novum, das mit den veränderten Klimabedingungen im Mitteleuropa, insbesondere mit den verlängerten Vegetationsperioden (MENZEL und FABIAN, 1999) in Zusammenhang stehen könnte. Als Frühschwärmer mit vergleichsweise niedriger Schwellentemperatur könnte *Trypodendron domesticum* den vorzeitigen Frühjahrsbeginn zur Anlage einer 2. Generation nutzen, wobei nur diese zweite Generation die Imaginaldiapause, als Vorbereitung auf die Überwinterung, durchlaufen würde. Falls Früh- und Spätschwärmer zur selben Generation gehören würden und der Unterschied zwischen beiden Typen ausschließlich genetisch bedingt wäre, hätten die Spätschwärmer durch den verzögerten Herbst-

beginn die Möglichkeit ihre Brutentwicklung ebenfalls erfolgreich, bzw. erfolgreicher als in der Vergangenheit abzuschließen. Ihr Anteil in der Population würde sich durch diesen Umstand erhöhen. Die Nachkommen beider Schwärmtypen würden dann eine Imaginaldiapause durchlaufen, die allerdings nicht nur durch die Temperatur sondern auch genetisch gesteuert wäre. Die Frage, ob die Klimaveränderungen, auf die eine oder andere Weise, tatsächlich Einfluss auf die Generationsabfolge bzw. Populationsstruktur von *Trypodendron domesticum* haben und welche Auswirkungen dies auf die Buchenökosysteme haben wird, kann nur durch weitergehende Untersuchungen beantwortet werden.

Zusammenfassend kann der erfolgreiche Befall vitaler Buchen auf mehrere Faktoren zurückgeführt werden. Die Buchen waren für den Befall durch eine Vorschädigung disponiert, *Trypodendron domesticum* trat in der betroffenen Region in hoher Populationsdichte auf und die Holzfeuchte der betroffenen Buchen entsprach im Befallsbereich den für das Wachstum des Nährpilzes benötigten Bedingungen.

Das Auftreten des *Trypodendron*-Befalls nach Vorschädigung durch die Buchenwollschildlaus (*Cryptococcus fagisuga* LIND.) verdeutlicht das Gefährdungspotenzial dieser unscheinbaren, häufig unbeachteten Art für die Buchenwirtschaft und erfordert eine stärkere Berücksichtigung in der zukünftigen Forstschutzkonzeption.

## Literatur

- BOSSHARD, H.H. (1974): Holzkunde. Bd. 2: Zur Biologie, Physik und Chemie des Holzes. Birkhäuser Verlag, Basel, Stuttgart: 315 pp.
- BRAUN, H.J. (1976): Das Rindensterben der Buche, *Fagus sylvatica* L., verursacht durch die Buchenwollschildlaus *Cryptococcus fagi* BÄR., I. Die Anatomie der Buche als Basis-Ursache. Eur. J. For. Path. 6: 136 – 146.
- BRAUN, H.J. (1977): Das Rindensterben der Buche, *Fagus sylvatica* L., verursacht durch die Buchenwollschildlaus *Cryptococcus fagi* BÄR., II. Ablauf der Krankheit. Eur. J. For. Path. 7: 76 – 93.
- CSÓKA, GY. and KOVÁCS, T. (1999): Xilofág rovarok – Xylophagous insects. Agroinform Kiadó, Budapest: 189 S.
- DITTMAR, CH. und ELLING, W. (2006): Dendroökologische Untersuchungen von Buchenbeständen in der Programm-Region des Interreg III A-Projektes. Mitteilungen aus der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft

- Rheinland-Pfalz, Nr. 59/06, 63 - 78.
- EICHHORN, O. und GRAF, P. (1974): Über einige Nutzholzborkenkäfer und ihre Feinde. Anz. Schädlingskde. Pflanzen-Umweltschutz 47: 129 – 135.
- EISENBARTH, E.; WILHELM, G. J. und BERENS, A. (2001): Buchen-Komplexkrankheit in der Eifel und den angrenzenden Regionen. AFZ-DerWald 56 (23): 1212 – 1217.
- FIEBELKORN, G.; ERNST, D. und POLLE, A. (2006): Untersuchungen von Genexpression und physiologischer Abwehrreaktionen an gesunden und geschädigten Buchen (*Fagus sylvatica* L.). Mitteilungen aus der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz Nr. 59/06, 111 - 118.
- FLECHTNER, G; DOROW, W. H. O. und KOPELKE, J.-P. (2000): Niddahänge östlich Rudingshain Zoologische Untersuchungen 1990 – 1992. Naturwaldreservate in Hessen No 5/2.1 und 5/2.2. Hrsg: Hessisches Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Forsten – Mitteilungen der Hessischen Landesforstverwaltung, Band 32 und Forschungsinstitut Senckenberg, Wiesbaden: 746 + 550 S.
- FRANCKE, W. (1973): Untersuchungen über Aggregations-substanzen bei *Xyloterus domesticus* L. (Coleoptera: Scolytidae). Z. ang. Ent. 74: 319 – 332.
- FRANKE, W. und HEEMANN, V. (1974): Lockversuche bei *Xyloterus domesticus* L. und *X. lineatus* OLIV. (Coleoptera: Scolytidae) mit 3-Hydroxy-3-methylbutan-2-on. Z. ang. Ent. 75: 67 – 72.
- GRÜNER, J. und METZLER, B. (2006): *Nectria*-Arten an Buchenrinde mit Phloemnekrosen. Mitteilungen aus der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz, Nr. 59/06, 129 - 138.
- HADORN, C. (1933): Recherches sur la morphologie, les stades évolutifs et l'hivernage du bostryche liseré (*Xyloterus lineatus* Oliv.). – Beiheft zu den Zeitschriften des Schweizerischen Forstvereins No. 11.
- HOLIGHAUS, G. und SCHÜTZ, ST. (2006): Strategie der olfaktorischen Wirtsfindung von *Trypodendron domesticum* L.. Mitteilungen aus der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz, Nr. 59/06, 119 - 128.
- KERCK, K. (1971): Äthylalkohol und Stammkontur als Komponenten der Primäranlockung bei *Xyloterus domesticus* L. (Col.: Scolytidae). Die Naturwissenschaften 59: 423.
- KERCK, K. (1972a): Chemische Läuterung – Buchenstammholzschildlinge (Modelluntersuchungen an *Xyloterus domesticus*). Der Forst- und Holzwirt 27 (3): 59 – 60.
- KERCK, K. (1972b): Äthylalkohol und Stammkontur als Komponenten der Primäranlockung bei *Xyloterus domesticus* L. (Col.: Scolytidae). Naturwissenschaften 59 (9): S. 423.
- KERCK, K. (1976): Zur Bedeutung der primären und sekundären Anlockung von *Xyloterus domesticus* L. (Col., Scolytidae). Z. Ang. Ent. 82: 119 – 123.
- KERCK, K. (1978): Einfluß baum- und käferbürtiger Reize auf das Suchverhalten von *Xyloterus domesticus* L. Naturwissenschaften 65: 542 – 543.
- KLIMETZEK, D. (1984): Grundlagen einer Überwachung und Bekämpfung der Nutzholzborkenkäfer (*Trypodendron* spp.) mit Lock- und Ablenkstoffen. Freiburger Waldschutz-Abhandlungen Band 5; Forstzoologisches Institut der Albert-Ludwigs-Universität, Freiburg i. Br.: 227 S.
- KLIMETZEK, D; VITÉ, J. P. und KÖNIG, E. (1981): Über das Verhalten mitteleuropäischer *Trypodendron*-Arten gegenüber natürlichen und synthetischen Lockstoffen. Mitt. dtsh. Ges. allg. angew. Ent. 2: 303 – 306.
- KOCH, K. (1979): Die Käfer Mitteleuropas. Ökologie Bd. 3.
- KÜHNHOLZ, S.; BORDEN, J.H. & UZUNOVIC, A. (2001): Secondary ambrosia beetles in apparently healthy trees: Adaptations, potential causes and suggested research. Integrated Pest Management Reviews 6: 209 - 219.
- KUBONO, T. & ITO, S. (2002): *Raffaella quercivora* sp. nov. associated with mass mortality of Japanese oak, and the ambrosia beetle (*Platypus quercivorus*). Mycoscience 43: 255-260.
- LANGENFELD-HEYSE, R.; LANG, CH.; FRITZ, E.; PETERCORD, R. und POLLE, A. (2006a): Stehendbefall von *Fagus sylvatica* L. mit *Trypodendron* – anatomische Untersuchungen. Mitteilungen aus der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz Nr. 59/06, 79 - 94.
- MAURER, W. (2006): Genetische Begleituntersuchungen an ausgewählten Buchenbeständen in Luxemburg und Rheinland-Pfalz mit der Symptomatik „Buchenkomplexkrankheit“. Mitteilungen aus der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz Nr. 59/06, 41 - 52.
- MENZEL, A. and FABIAN, P. (1999): Growing season extended in Europe. Nature: 397: 659.
- METZLER, B. und HECHT, U. (2006): Pilzsukzession im Bereich von Bohrgängen von *Trypodendron domesticum* an stehenden Buchen. Mitteilungen aus der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz Nr. 59/06, 139 - 148.
- PETERCORD, R. (2006a): Die Buchenwollschildlaus (*Cryptococcus fagisuga* LIND.) als Auslöser der Buchenrinde nekrose. Mitteilungen aus der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz Nr. 59/06, 53 - 62.
- PETERCORD, R. (2006b): Totholzmanagement in Buchenwäldern. Mitteilungen aus der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz Nr. 59/06, 191 - 202.
- POPO, A., und THALENHORST, W. (1974): Untersuchungen über den Anflug und die Brutentwicklung des gestreiften Nutzholzborkenkäfers, *Trypodendron lineatum* (Oliv.) I. Phänologie und Beziehung zum Brutbaum. – Z. ang. Ent. 76: 251-277.
- RAMISCH, H. (1984): Zur Wirtsfindung von *Trypodendron domesticum* und *Trypodendron lineatum* (Coleoptera: Scolytidae). Dissertation, Institut für Standortlehre und Waldhygiene – Abteilung Forstzoologie – der Universität Göttingen: 288 S.
- SCHINDLER, U. (1951): Das Buchensterben. – Forstarchiv 22: 109-119.
- SCHINDLER, U. (1960): Einige Ergebnisse mehrjähriger Beobachtungen über Buchensterben und Buchenwollaus (*Cryptococcus fagi* BÄR.) Der Forst- u. Holzwirt 15: 196 – 198.
- SCHWENKE, W. (1974): Die Forstschädlinge Europas. Bd. 2:

Käfer. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin: 500 S.

SCHWERDTFEGER, F. (1963): Zur Generationsfrage beim Gestreiften Nutzholzborkenkäfer. Der Forst- u. Holzwirt 18: 449 – 451.

SCHWERDTFEGER, F. (1981): Die Waldkrankheiten: Ein Lehrbuch der Forstpathologie und des Forstschutzes. 4. Aufl.; Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin: 486 S.

**Autorenanschriften:**

Claude Parini  
Administration des Eaux et Forêts du Grand-Duché de Luxembourg  
16, rue Eugène Ruppert, L-2453 Luxembourg  
Email:  
claude.parini@ef.etat.lu

Dr. Ralf Petercord  
Forschungsanstalt für Waldökologie und  
Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz (bis Ende 2005)  
Hauptstr. 16  
67705 Trippstadt  
Tel. 05232/3940  
Email: rpetercord@web.de

